

トウモロコシの近交系と一代雑種の多収性および収 穫量安定性に関する研究

著者	門馬 榮秀
号	138
発行年	1975
URL	http://hdl.handle.net/10097/16390

氏 名 (本籍) もん ま えい ひで
 門 馬 榮 秀

学 位 の 種 類 農 学 博 士

学 位 記 番 号 農 第 1 3 8 号

学位授与年月日 昭和 5 0 年 1 2 月 1 1 日

学位授与の要件 学位規則第 5 条第 2 項該当

学 位 論 文 題 目 トウモロコシの近交系と一代雑種の多収
 性および収量安定性に関する研究

論文審査委員 (主 査)

教授 角田重三郎 教授 佐藤 庚

教授 神田巳季男

論文内容要旨

異なる遺伝子型の品種を種々の環境のところに育てた場合、それらは必ずしも同じような反応を示すとはかぎらない。特に年次による気候の変動によってひき起こされる収量変動は食糧の安定供給を妨げている。育種の立場からみれば、そのような環境の変化に耐え、安定して多収を示す品種を育成することが大切である。本研究はトウモロコシ Inbred 16 系統, Hybrid 14 系統をカナダのオンタリオ州の6環境(1972年, 1973年の両年各3試験地)で栽培し、収量水準や収量安定性と関連植物特性との間の相互関係を明らかにし、安定多収を示す Inbred および Hybrid を選抜するための指標を得ようとしたものである。また、Hybrid の収量水準や収量安定性と Hybrid 系統の両親である Inbred 系統の収量水準、収量安定性および関連植物特性との間の関係を検討し、収量水準や収量安定性の高い Hybrid 系統を作成しようとするときの Inbred の交配親選抜のための指標についての知見をも得ようとした。

収量安定性の評価の仕方については最近いろいろと報告されている。その中で安定性の指標として最も popular になっているのは、Finlay and Wilkinson などが採用したものである。彼らは各試験場所・年次における全供試系統の平均収量をそれぞれの試験場所・年次の "環境生産力" とし、このそれぞれの環境における全供試系統の平均収量とそれぞれの環境における各供試系統の収量との間の回帰係数(以下略して "回帰係数")を個々の系統について求め、それを各系統の収量安定性の指標とした。Eberhart and Russell はその他に回帰直線からのフレ(残差)も無視できないとして、これも安定性の指標とすることを提案した。本研究では安定性のパラメーターとして、以上の "回帰係数", 回帰直線からのフレの他に同じ試験区内での個体間変異, 同じ環境(場所・年次)における反復試験区間変異(略して反復間変異), 環境間変異をも加えて、これらの相互関係についても検討を加えた。この場合、Finlay and Wilkinson は "回帰係数" が小であるほど安定性は高いと評価し、Eberhart and Russell は安定性の高い系統は "回帰係数" が1のものであるとしたが、本研究では Finlay and Wilkinson と同じく "回帰係数" が小さい系統ほど安定性は高いとし、また、回帰直線からのフレおよび環境間変異の小さい系統ほど安定性は高いとした。

A Inbred および Hybrid における形質相関

1. 粒収量

Hybrid の平均粒収量と "回帰係数" ($+0.879^{***}$)ならびに環境間変異 ($+0.865^{***}$)との間には非常に高い正の相関関係が見い出され、Hybrid の平均粒収量と収量安定性と

の間には負の関係が存在していることが認められた。このことは多収で安定性の高い F_1 hybrid の育成はあまり容易でないことを示している。このように粒収量と収量安定性との間に負の相関が存在する場合どのような系統を栽培すべきかは地域によってかなり異なってくるものと思われる。気候変化の激しいところでは、できるだけ安定性の高いものが望まれるが収量のことも考えなければならないのでどのように両者に重みづけするかが難しい問題であろう。Inbred の場合は平均粒収量と収量安定性（「回帰係数」と環境間変異からみた）との関係があまり密でなかった。このことはInbredでは多収なものが必ずしも安定性に欠けるものとはならないことを示しており、多収性で選ばれたInbredの系統が環境をかえても比較的高い粒収量を維持する可能性を示している。

粒収量の「回帰係数」の組み合わせ能力は第1図からわかるように一般組み合わせ能力の高いInbred系統と特殊組み合わせ能力の高いInbred系統の両方が認められた。

2. 穂軸重と粒穂率

平均粒収量と平均粒穂率との関係はInbredにおいて明瞭であった（1%レベルで有意）が、Hybridでは有意な関係は認められなかった。その理由の1つとしてInbredの供試系統の平均粒穂率のrangeが大きかったのに対し、Hybridでは小さかったことが考えられた。収量安定性（「回帰係数」からみた）と粒穂率安定性（同）との関係はInbred, Hybridとも有意であったが、Hybridでより高い傾向にあった。また、Inbredの場合は粒穂率安定性の収量安定性に対する作用はゆるやかであったのに対し、Hybridの場合は非常にドラスティックであった（図2）。

3. 粒の大きさと粒数

第1章において、Hybridの場合、粒収量の個体間変異と環境間変異の発現機構の違いが示唆された。本章において、粒収量の個体間変異は主として粒の大きさの変動によってもたらされ、環境間変異は主として粒数の変動によってもたらされていることが認められ、粒収量の両変異の発現機構の違いの一端が認められた。

粒数の場合、個体による変動の増大は粒収量の環境による変動の増大と結びつき、粒の大きさの個体による変動の増大は粒収量の環境による変動の減少と結びついている（図3）ことが認められた。粒の大きさの場合は、個体による変動が粒収量の環境による変動に対し1種の緩衝作用を呈していたものと推察される。

Inbred, Hybridとも粒数の多い系統ほど粒の大きさの個体による変動が小さいこと

が認められた。採種上、 F_1 種子の均一性も重要な問題であることから、この結果は Inbred において特に意義があると思われる。

4. 草高・穂高と茎周

Inbred, Hybrid とともに 3 草形質の中では茎周が最も強く粒収量と関係していた。両者の関係は、Hybrid ($+0.6^{***}94$) より Inbred ($+0.7^{***}80$) でより強かったが、平均粒収量の平均茎周に対する回帰の傾むきは Hybrid で非常に高く、Inbred の 2 倍近くの値を示している。このことは粒収量増大に対する茎周増大の効果が、Inbred より Hybrid の方が、はるかに大きいことを示している。

Inbred, Hybrid とともに草高の安定性（環境間変異から見た）と収量安定性（同）との間には負の関係があり、収量安定性は草高の可変性（plasticity）に依存していたことが認められた。

5. 粒深・穂長・穂径と穂軸径

平均穂径と平均粒収量との間には Inbred, Hybrid とともに高い有意な正の関係が認められた。ここで穂径は穂軸径と粒深から構成されているのであるが、平均粒収量と平均穂軸径との関係は Inbred, Hybrid とともに弱かった。それに対し、平均粒収量と平均粒深との関係は Inbred, Hybrid とともに非常に強いものであった。このことは次のことを示唆していると思われる。すなわち、平均粒収量を高める方法として、穂径を大きくすることは有効であることが認められたが、穂軸径を大きくして穂径を大きくすることは粒収量増大にはあまり効果がなく、粒収量と結びつけるのには粒深を大きくして穂径を大きくしなければならない。

6. 開花日数・絹糸抽出日数と草重

粒収量の個体間変異と平均開花日数、平均絹糸抽出日数との関係は Inbred と Hybrid で全く逆であった。Inbred では開花日数、絹糸抽出日数の長いものほど粒収量の個体間変異が大きく、Hybrid では開花日数、絹糸抽出日数の長いものほど粒収量の個体間変異が小さい傾向があった。このことは Inbred 系統の開花や絹糸抽出が Hybrid のそれらよりも遅かったことによるものではないかと推察された。草重の個体による変動の増大は Inbred, Hybrid の場合とも粒収量の個体による変動増大をもたらしていた。

本研究における結果より多収を示す系統の特性を推察すれば次のようである。Hybrid の

場合、粒数と開花日数は個体によって変動し易く、粒穂率が環境によって変動し易いのに対し、穂軸径は逆に個体によって変動し難い傾向がある。Inbred の場合は、穂高と開花日数が個体によって変動し易いのに対し、粒の大きさは逆に個体によって変動し難い。また穂径の環境間の変動は小さい傾向がある(表1, 2)。

次に収量安定性を示す系統の特性を推察すれば次のようである。Hybrid の場合、粒数が個体によって一定しているのに対し、粒の大きさは個体によってバラついている傾向がある。また粒穂率と粒数はできるだけ環境間で安定しているが、草高は、逆に環境によく反応している。Inbred の場合、粒数、穂長は個体によって一定し、さらに穂長は環境によっても一定しているが、草高は環境差によく反応する傾向がある。(表1, 2)。

B Hybrid の特性とそれらの親の Inbred の特性との関係

Hybrid の平均粒収量の増大をもたらすような Inbred 系統の形態は草形質からみれば、草高は特に問題ではなく、茎が太くて草重の大的のものであった。いわば、がっちりした形態といえよう。そして穂が上部についているようなものであった。穂形質からみれば、穂は太い方が望ましいが、粒深が特に関与することはなかった。粒の大きさは大きいほど Hybrid の粒収量増大には有利であった。早晩性に関しては、Inbred の晩生系統ほど Hybrid の粒収量増大をもたらしていた(表3)。

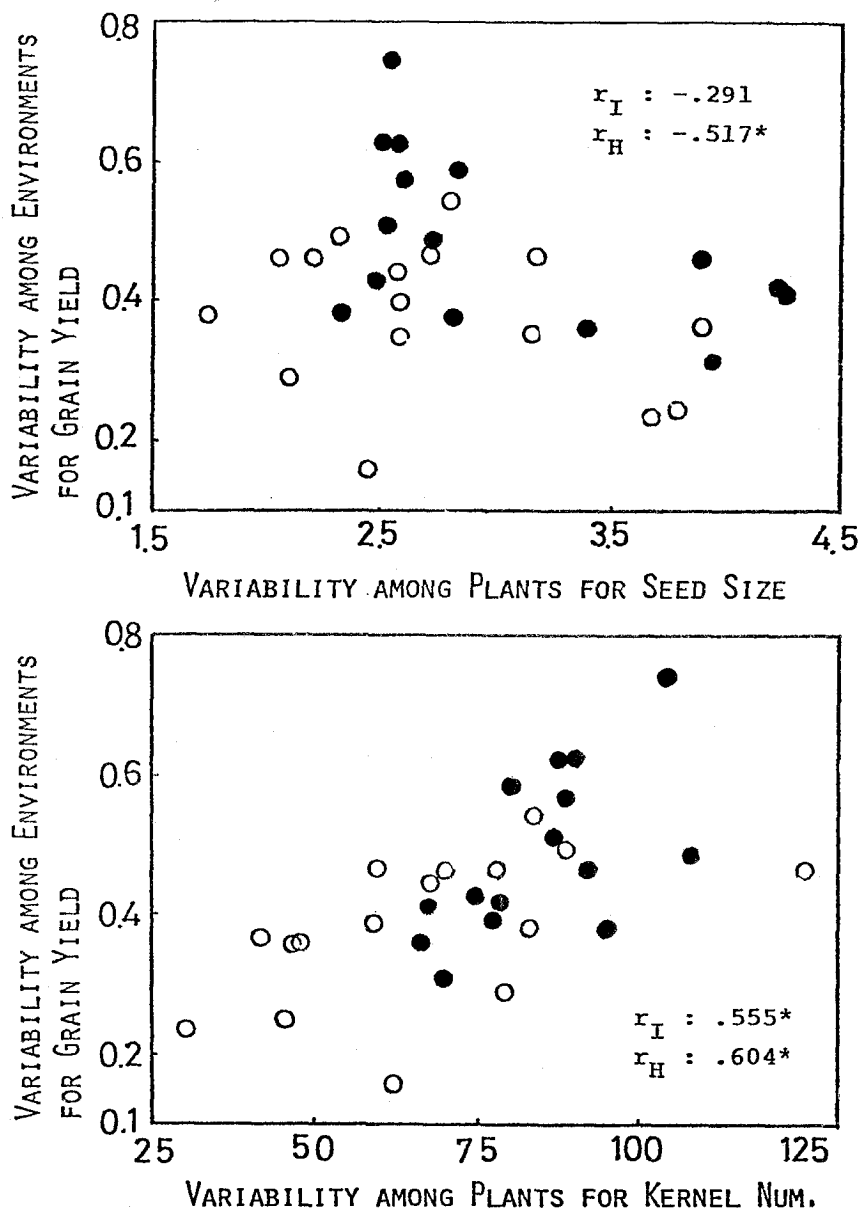


Fig. 3. Relationships between the variability among plants for seed size and the variability among environments for grain yield (above, A) and between the variability among plants for kernel number and the variability among environments for grain yield (below, B) of inbred (o) and F_1 hybrid (•).

Table] Correlation coefficients between the parameters (Mean and Ev) for grain yield and the parameters (Mean, Pv, Rv and Ev) for the other plant characters in inbred and F₁ hybrid

		G R A I N Y I E L D			
		I N B R E D		H Y B R I D	
		Mean	Ev	Mean	Ev
Cob Weight	Mean	.042	.347	.065	.105
	Pv	-.361	.231	-.294	-.316
	Rv	-.051	.284	-.025	.008
	Ev	.269	-.150	-.076	-.001
Shelled Percentage	Mean	.710**	.092	.486	.411
	Rv	-.487	.035	-.215*	-.306
	Ev	-.385	.377	.519*	.488
Seed Size	Mean	.077	-.069	.119	.008
	Pv	-.413	-.291	-.426	-.517*
	Rv	-.277	-.231	-.160	-.226
	Ev	-.050	.036	.259	.157
Kernel Number	Mean	.722**	.415	.474	.467
	Pv	.223	.555*	.529*	.604*
	Rv	.274	.623*	.487	.543*
	Ev	.215	.345	.417	.637*
Plant Height	Mean	.620*	.180	.476	.300
	Pv	.373	.193	-.328	.354
	Rv	.197	.282	-.139	.354
	Ev	.210	-.431	.328	-.476
Ear Height	Mean	.571*	.019	.524*	.201
	Pv	.452	-.017	.175	.006
	Rv	.118	.115	-.367	.392
	Ev	.114	-.098	.056	-.296
Stem Circumference	Mean	.780***	.358	.694**	.257
	Pv	.267	.272	.181	.013
	Rv	.249	.515*	-.224	-.306
	Ev	-.290	-.183	.027	.233

*, ** and *** ; Significant at 5%, 1% and 0.1% level, respectively.

Pv ; Variability among plants, Rv ; Variability among replications, Ev ; Variability among environments

Table 2. Correlation coefficients between the parameters (Mean and Ev) for grain yield and the parameters (Mean, Pv, Rv and Ev) for the other plant characters in inbred and F₁ hybrid

		G R A I N Y I E L D			
		I N B R E D		H Y B R I D	
		Mean	Ev	Mean	Ev
Kernel Depth	Mean	.696**	-.018	.764***	.309
	Pv	.069	-.299	-.095	.203
	Rv	.199	-.043	.358	.484
	Ev	-.150	-.291	.125	.114
Ear Length	Mean	.570*	.325*	.086	.224
	Pv	-.072	.625**	-.374	.282
	Rv	.123	.665**	-.035	.033
	Ev	-.265	.602*	-.265	.395
Ear Diameter	Mean	.716**	.403	.666**	.239
	Pv	-.156	-.130	-.411	.064
	Rv	-.022	.322	-.044	.182
	Ev	-.502*	.318	.079	.156
Cob Diameter	Mean	.307	.524*	.303**	.046
	Pv	-.289	.459	-.734	.010
	Rv	-.114	.667**	.038	-.292
	Ev	-.053	.398	-.331	-.083
Days to tasseling	Mean	.243	.263	.642**	.068
	Pv	.432	.222	.701**	.062
	Rv	-.230	.098	.215	-.164
Days to silking	Mean	.251	.287	.583*	-.076
	Pv	.241	.248	.350	-.235
	Rv	-.284	.170	.148	-.325
Plant Dry Weight	Mean	.661**	.341	.656**	.318
	Pv	.288	.377	-.234	.404
	Rv	.236	.020	.108	.219

* and ** ; Significant at 5% and 1% level, respectively.

Pv ; Variability among plants, Rv ; Variability among replications, Ev ; Variability among environments

Table 3. Correlation coefficients between the mean and variability among environments for grain yield (GY) of F_1 hybrid and the mean and variabilities for various plant characters of mid-parental inbred

CW of INBRED	GY of HYBRID		SP of INBRED	GY of HYBRID		SS of INBRED	GY of HYBRID	
	Mean	Ev		Mean	Ev		Mean	Ev
Mean	.414	.562*	Mean	.153	.022	Mean	.564*	.704**
Pv	.022	.194	Pv			Pv	-.358	-.313
Rv	.210	.343	Rv	-.129	-.066	Rv	-.599*	-.506
Ev	.455	.301	Ev	.331	.579*	Ev	.498	.485
KN of INBRED	GY of HYBRID		PH of INBRED	GY of HYBRID		EH of INBRED	GY of HYBRID	
	Mean	Ev		Mean	Ev		Mean	Ev
Mean	.275	.114	Mean	.361	.235	Mean	.507	.270
Pv	-.186	-.047	Pv	.094	.051	Pv	.300	.227
Rv	.291	.370	Rv	.555*	.302	Rv	.306	.534*
Ev	.089	-.123	Ev	.108	.085	Ev	.573*	-.057
SC of INBRED	GY of HYBRID		KD of INBRED	GY of HYBRID		EL of INBRED	GY of HYBRID	
	Mean	Ev		Mean	Ev		Mean	Ev
Mean	.656**	.010	Mean	.382	-.365	Mean	.270	.309
Pv	.319	.194	Pv	.031	.021	Pv	-.358	.026
Rv	.408	-.043	Rv	.143	-.322	Rv	-.314	.278
Ev	-.456	-.032	Ev	.268	-.018	Ev	-.258	.076
ED of INBRED	GY of HYBRID		CD of INBRED	GY of HYBRID		DT of INBRED	GY of HYBRID	
	Mean	Ev		Mean	Ev		Mean	Ev
Mean	.621*	-.167	Mean	.393	.245	Mean	.595*	.171
Pv	.148	.218	Pv	.159	.168	Pv	.629*	.039
Rv	.374	.107	Rv	.181	-.057	Rv	.324	.078
Ev	.063	-.185	Ev	-.036	-.473			
DS of INBRED	GY of HYBRID		PD of INBRED	GY of HYBRID				
	Mean	Ev		Mean	Ev			
Mean	.596*	.212	Mean	.586*	.129			
Pv	.332	-.019	Pv	.416	-.068			
Rv	.204	.092	Rv	.374	.109			

*, ** and *** ; Significant at 5%, 1% and 0.1% level, respectively.

Pv ; Variability among plants, Rv ; Variability among replications, Ev ; Variability among environments
 CW ; Cob weight, SP ; Shelled percentage, SS ; Seed size, KN ; kernel number, PH ; Plant height, EH ; Ear height, SC ; Stem circumference, KD ; Kernel depth, EL ; Ear length, ED ; Ear diameter, CD ; Cob diameter, DT ; Days to tasseling, DS ; Days to silking, PD ; Plant dry weight

審 査 結 果 の 要 旨

本論文はトウモロコシの収量安定性（異なる環境に対する）と多収性（平均収量水準）につつき、カナダのオンタリオ州で圃場試験して、検討したものであるが、(1)安定性についての各種パラメータ間の相互関係、特に同一環境（場所・年次）での個体間変異、試験区間変異と環境間変異との関連性の有無、(2)収量安定性と多収性との相互関係、(3)収量安定性および多収性と各種植物特性との関係、などの諸点については近交系の場合と一代雑種の場合とを夫々対比しながら検討し、さらに(4)一代雑種の収量安定性と親として使用した近交系の収量安定性との関係、(5)一代雑種の収量安定性および多収性と親として使用した近交系の各種植物特性との関係、などについても検討を加えている点に特色がある。

これらの検討の結果、(a)近交系の場合に限って、個体間変異や試験区間変異の小なる系統はまた環境間変異も小である傾向が見られ、近交系の場合には個体間変異、試験区間変異を収量安定性の予備選抜の指標として用いる可能性があること、(b)一代雑種の場合は収量安定性と多収性との間に強い負の相関が認められるのに対し近交系では関係が密でないこと、(c)収量安定性および多収性と各種植物特性との関係が一代雑種の場合と近交系の場合とで同様である場合と異なる場合があること、(d)収量安定性について一般組合せ能力の高い近交系と特殊組合せ能力の高い近交系の両者があること、(e)一代雑種の収量安定性および多収性と相関関係の認められる近交系の諸特性、などについて新知見を得ている。

以上要する本論文は、トウモロコシの一代雑種育種に関連して、近交系および一代雑種の収量安定性、多収性、関連植物特性につつき、近交系と一代雑種とを対比させる見方および親子関係として見る立場で総合的に検討して新知見を加えたものであり、学術上また実際育種上価値ある知見を含み、農学博士の学位に値するものと認めた。